Manual de Utilização do Programa MULTSTAB

1. Introdução

MULTSTAB é um programa computacional destinado à simulação, do comportamento dinâmico de sistemas de potência, considerando as características não-lineares das máquinas síncronas, reguladores e do sistema de potencia. O programa admite a representação de 4 modelos para a máquina síncrona e certos tipos de sistemas de excitação, reguladores de velocidade e sinais estabilizadores de sistemas de potencia.

O programa **MULTSTAB** tem como saída na tela as curvas de oscilação da velocidade e do ângulo do rotor, bem como a variação da tensão de excitação no tempo. Além disso, o programa gera dois arquivos de saída: O primeiro, com extensão ".RES", espelha os dados de entrada e fornece uma tabela com os valores de ângulo, velocidade e tensão de campo das máquinas para cada instante de tempo determinado a partir do intervalo de impressão selecionado na entrada. O segundo arquivo de saída, cuja extensão é ".PLT", fornece uma tabela de pontos similar, porém compatível com os dados de entrada do programa gráfico DESEGRAF. Ambos os arquivos de saída terão o mesmo nome do arquivo de dados criado pelo usuário.

A versão corrente do programa está dimensionada para um número máximo de 300 pontos calculados. Com passo de integracão constante de 0.01, isto significa que o tempo máximo de integracão é de 3.0 segundos.

2. Informações Básicas

O programa **MULTSTAB** compõe-se de três partes :

- rotinas para entrada de dados ;
- corpo básico do programa, e
- rotinas gráficas para a plotagem das curvas.

O programa fonte é composto de três programas que são:

- G8.FOR - programa para acessar as rotinas gráficas;
- ENTARQ9.FOR - programa que permite a entrada de dados;
- MULT9.FOR - programa principal.

Estes três programas devem ser compilados e "linkados" juntamente com a biblioteca gráfica (GRAFMS2.LIB). Embora versões anteriores do programa apresentem previsão de entrada interativa de dados via teclado, esta facilidade não está disponível na versão MULT9 (e versão M3E). O programa solicitará o nome do arquivo de dados cuja extensão será obrigatoriamente .DAD. As instrucões para criação deste arquivo são fornecidas nos ítens 3 a 7 deste documento.

3. Descrição dos Dados Gerais do Sistema, Dados para Simulação de Faltas e Dados de Tempo.

OBS. - Na linha inicial dos dados correspondentes a cada item, foi feita a provisão de seis espaços, que o usuário pode opcionalmente utilizar para identificar aquele item. Por exemplo, para identificar os dados referentes à máquina 1, pode ser usado o prefixo "MAQ1"; para identificar o sistema de excitação da mesma máquina, pode ser utilizado o prefixo "EXC1", e assim por diante.

3.1 Título.

Título do caso a ser analisado. FORMATO: 20A4 (uma linha de 80 posições).

3.2 Dados sobre a Dimensão do Sistema.

NB - número de barras do sistema

NG - número de geradores

NL - número de linhas de transmissão

NX - número de transformadores

NC - número de geradores eststicos

NQ - número de equivalentes dinâmicos

Formato : 7 (7X, I3), 2 (3X, I2)

Obs: Transformadores com "taps" nominais podem ser representados como linhas de transmissão.

3.3 Dados para a Simulação da Perturbação Aplicada ao Sistema.

3.3.1 Identificação da Perturbação.

Key = 0 - regime permanente

= 1 - curto-circuito trifásico com retirada de linha

= 2 - rejeição de carga

= 3 - curto trifásico em uma barra

= 4 - abertura de condutor

= 6 - Perturbações iniciais nas derivadas dos ângulos dos rotores das máquinas.

= 7 - Idem, nos ângulos dos rotores das máquinas.

Formato : (3 (8X, I2), 3F10.0)

3.3.2 Dados de Tempo

TS - tempo para inicio da simulação.

DT1 - intervalo de integração entre TS e TIF1.

DP1 - intervalo de impressão entre TS e TIF1.

TIF1 - tempo para mudanca do intervalo de integração de DT1 para DT2.

DT2 - intervalo de integração entre TIF1 e TIF2.

DP2 - intervalo de impressão entre TIF1 e TIF2.

TIF2 - tempo de término da simulação.

Formato : 6X, F4.0, 6F10.0.

Obs.: O número máximo de pontos para o gráfico é definido no programa como 300. A expressão abaixo relaciona este número aos dados de tempo acima:

$$\text{Num. Pontos} = \frac{\text{TIF1} - \text{TS}}{\text{DP1}} + \frac{\text{TIF2} - \text{TIF2}}{\text{DP2}}$$

3.3.3 Dados Adicionais sobre a Perturbação

Se KEY $\leq$ 5;

LF = linha que está sob falta.

JK = barra terminal da linha sob falta.

JKK = a outra barra terminal da linha sob falta.

FD = distância da barra JK até a falta.

TCL1 = tempo para eliminação da falta no terminal JK.

TCL2 = tempo para eliminação da falta no terminal JKK.

Formato : 8X, I2, 2I10, 3F10.0

<u>Dados para Religamento Monopolar:</u>

Este ítem está desativado no programa. Deixar a linha de dados correspondente em branco.

Se KEY = 6 :

Entrar com os valores das perturbações iniciais de velocidade, em rad/s. Formato: F10.5.

Se KEY = 7 :

Entrar com os valores de ângulo,em radianos. Formato: 8 F10.5

4. Descrição dos Dados de Barra e de Linha

4.1 Dados de Barra

J = número da barra.

VM = valor em pu do módulo da tensão na barra.

VA = valor do ángulo em graus da tensão na barra.

PP = valor em pu da geração ativa.

QQ = valor em pu da geracão reativa.

G = índice de rejeição de carga : 0 $\rightarrow$ com carga

1 $\rightarrow$ sem carga

PCZ = fração de carga representada por impedância constante ($0 \leq PCZ \leq 1$)

P = valor em pu da carga ativa

Q = valor em pu da carga reativa

Formato : (7X, I3, 4F10.5, I5, F5.2, 2F10.5)

(Nota: Os dados descritos neste ítem podem ser gerados pelo programa NEWFLOW (fluxo de potência). Ver documentação correspondente).

4.2 Dados de Linha

LL = número da linha

II = barra de início da linha

JJ = barra de término da linha

IMP = impedância série equivalente (Z = R + jX) em pu

YP = admitância shunt total (Y= G + jB) em pu

Formato : 6X,I4,2(8X,I2),4F10.5

(Nota: Os dados descritos neste ítem podem ser gerados pelo programa NEWFLOW (fluxo de potência). Ver documentação correspondente).

4.3 Dados de Transformadores.

LL = número do ramo (linha) onde está inserido o trafo

II = barra terminal inicial do trafo

JJ = barra terminal final do trafo

IMP = impedância série equivalente (Z=R + jX) em pu

YP = relação de transformação complexa (a + jb)

Formato : 6X, I4,2 (8X, I2),4F10.5

Obs: Transformadores com "taps" nominais podem ser representados como linhas de transmissão.

4.4 Dados para Geradores Estáticos, Capacitores ou Reatores.

LL = número do capacitor/reator

II = número da barra à qual está(ão) conectado(s) o(s) gerador(es) estático(s), capacitores ou reatores.

YP = admitância complexa (Y= G + jB) em pu.

Formato : (6X, I4,8X, I2, 2F10.5.)

5. Descrição dos Dados de Máquina, Regulador de Velocidade e Controlador Ótimo.

5.1 Dados dos Geradores Síncronos.

BUS = barra a qual está conectado o gerador

CCT = número do gerador na barra

TYPE = tipo de máquina : 0→ tensão de excitação constante.

1→ modelo de terceira ordem.

2→ type 1 sem regulador.

3→ modelo de sexta ordem.

R = resistência do enrolamento de campo em pu.

X'd = reatância transitória de eixo direto em pu (obrigatoriamente diferente de zero!).

Xq = reatância de eixo em quadratura em pu.

Xd = reatância de eixo direto em pu.

H = constante de inércia em segundos.

D0= constante de amortecimento em pu/pu.

FMV = fração de potência ativa gerada (0 < FMV < 1).

FMW = fração de potência reativa gerada (0 < FMW < 1).

T'do = constante de tempo transitória de eixo direto para máquina a vazio.

XP = reatância de Potier (modelagem da saturação).

AX = constante de saturação.

BX = constante de saturação.

Formato : (7X, I3, 2I10, 5F10.5/7F10.5)

5.2 Dados Adicionais para Máquina do Tipo 3

T'qo = constante de tempo transitória do enrolamento de campo de eixo em quadratura para máquina a vazio.

X'q = reatância transitória de eixo quadratura, em pu.

T"d = constante de tempo sub-transitória de eixo direto de campo.

T"q = constante de tempo sub-transitória de eixo quadratura.

X"d = reatância sub-transitória de eixo direto.

XL = reatância de dispersão.

Formato : (6X, F4.0, 5F10.0).

Obs.: As variáveis FMV e FMW representam a fração da potência da barra para a máquina considerada, no caso de haver mais de uma máquina conectada à barra.

5.3 Dados do Regulador de Velocidade

(Obs: Se o regulador de velocidade da máquina não for representado, inserir duas linhas de dados em branco).

II = chave : 0 → desligado.

1 → ligado.

K1 = *

K2 = *

TC2 = *

LC1 = *

LC2 = *

TC3 = *

THP = *

TRH = *

TIP = *

TLP = *

FHP = *

FTP = *

FLP = *

* = ver diagrama de blocos no Apêndice III.

Formato : (8X, I2, 7F10.0 / 6F10.0).

5.4 Dados do Controlador Ótimo.

Apesar desta função estar desativada na versão corrente do programa, é necessário entrar com uma linha de dados em branco.

6. Descrição dos Dados do Sistema de Excitação

1a. linha de dados:

KEYS = tipo do sistema de excitação (1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 8).

KA = ganho do amplificador.

TA = constante de tempo do amplificador.

VMAX = limite superior para representação da saturação.

VMIN = limite inferior para representação da saturação.

KE = ganho da excitatriz.

TE = constante da excitatriz.

AS = constante de saturação da excitatriz (tipos, 1, 2, 5, 6 ou 8; ver Apêndice II).

2a. linha de dados:

BS = constante de saturação da excitatriz (Tipos 1,2,5,6 ou 8; ver Apêndice II).

MUS = ganho de realimentação.

TSE = constante de tempo de realimentação.

T1 = constante de tempo.

T2 = constante de tempo.

TSEN = constante de tempo da medição da tensão.

TM1 = constante de tempo.

TM2 = constante de tempo.

3a. linha de dados:

TM3 = constante de tempo.

TM4 = constante de tempo.

XVMAX = limite superior para representação da saturação.

XVMIN = limite inferior para representação da saturação.

EXTY =1 $\rightarrow$ valores de VMAX, VMIN são considerados como função de $|V_t|$:

$$VMAX(VMIN)=0,833^* |V_t|^* VMAX (VMIN);$$

0 $\rightarrow$ valores de VMAX e VMIN de entrada são usados diretamente pelo programa.

Formato : (9X, I1, 7F10.5 / 8F10.5 / 4F10.5, 8X, I2)

Observações:

a) Todas as variáveis descritas acima estão referenciadas nos diagramas de blocos dos Apêndices 1 ou 2.

b) As variáveis KE, TE, AS, BS e MUS devem ser nulas para sistemas de excitação tipo 3 e 4;

c) A variável TE deve ser obrigatoriamente não nula para sistemas de excitação tipos 1, 2, 5, 6 e 8.

7. Dados do Sinal Estabilizador

7.1 Topologia de Função de Transferência do ESP

NLLW = número de estágios do ESP derivado da velocidade;

NLLP = número de estágios do ESP derivado da pot. elétrica;

INDZERW = tipo do numerador do ESP: 0 $\rightarrow$ zero reais

1 $\rightarrow$ quadrático (zeros complexos), da forma $A\,s^2 + B\,s + 1$

INDZERP = idem, para ESP de potência elétrica.

YVMAX = limite superior para representação da saturação do ESP.

YVMIN = limite inferior para representação da saturação do ESP.

OBS. - Considera-se que os polos do ESP são reais.

Formato : (6X, I4, 3I10, 2F10.5).

7.2 Parâmetros do ESP de Velocidade:

Se **NLLW = 0**, considera-se que a máquina correspondente não é dotada de sinal estabilizador derivado da velocidade.

OBS - No caso de NLLW = 0, é ainda necessário ler em seguida uma linha de dados com os parâmetros do ESP de velocidade, que pode ser uma linha em branco.

Se **NLLW = 1**, ler:

KQ2W = ganho do ESP

TQW = constante de tempo do "wash-out" (Se TQW=0, é suposto que não há estágio "wash-out")

TLD1W = constante de tempo do ESP (numerador)

TLD2W = constante de tempo do ESP (denominador)

Formato: (3X, F7.3, 3F10.5).

Se NLLW = 2 , ler :

KQ2W = ganho do ESP

TQW =constante de tempo do "wash-out" (Se TQW =0, é suposto que não há estágio "wash-out").

TLD1W → Se **INDZERW = 0**, TLD1W = constante de tempo do numerador do ESP.

Se **INDZERW = 1**, TLD1W = A.

TLD3W → Se **INDZERW = 0**, TLD3 = constante de tempo do ESP (numerador).

Se **INDZERW = 1**, TLD3W = B.

TLD2W = constante de tempo do ESP (denominador).

TLD4W = constante de tempo do ESP (denominador).

Formato: (3X, F7.3, 5F10.5).

7.3 Parâmetros do ESP de Potência Elétrica.

Se NLLP=0, considera-se que a máquina correspondente não é dotada de sinal estabilizador derivado da potencia elétrica.

OBS - No caso de NLLP = 0, é ainda necessário ler em seguida uma linha de dados com os parâmetros do ESP de potência elétrica, que pode ser uma linha em branco.

Se NLLP = 1, ler:

KQ2P = ganho do ESP.

TQP = constante de tempo do "wash-out" (Se TQP=0, é suposto que não há estágio "wash-out").

TLD1P = constante de tempo do ESP (numerador).

TLD2P = constante de tempo do ESP (denominador).

Formato: (3X, F7.3, 3F10.5).

Se NLLP = 2 , ler :

KQ2P = ganho do ESP

TQP =constante de tempo do "wash-out" (Se TQP = 0, é suposto que não há estágio "wash-out").

TLD1P→ Se **INDZERP = 0**, TLD1P = constante de tempo do numerador do ESP. Se **INDZERP = 1**, TLD1P = A.

TLD3P → Se **INDZERP = 0**, TLD3P = constante de tempo do ESP (numerador). Se **INDZERP = 1** → TLD3P = B.

TLD2P = constante de tempo do ESP (denominador).

TLD4P = constante de tempo do ESP (denominador).

Formato: (3X, F7.3, 5F10.5).

8 Descrição dos Dados para Sistema Equivalente

Se não for usado nenhum equivalente para partes do sistema em estudo, simplesmente ignore este item.

8.1 Dados Básicos.

QB = número da barra a qual está ligado o sistema.

NQS = número de estados do modelo.

QVO = tensão inicial complexa.

QTO = corrente inicial complexa.

8.2 Matrizes do Modelo Equivalente Dinâmico em Forma de Variáveis de Estado.

(Ignorar este item, se não for usado equivalente dinâmico)

A = dimensão NQS x NQS.

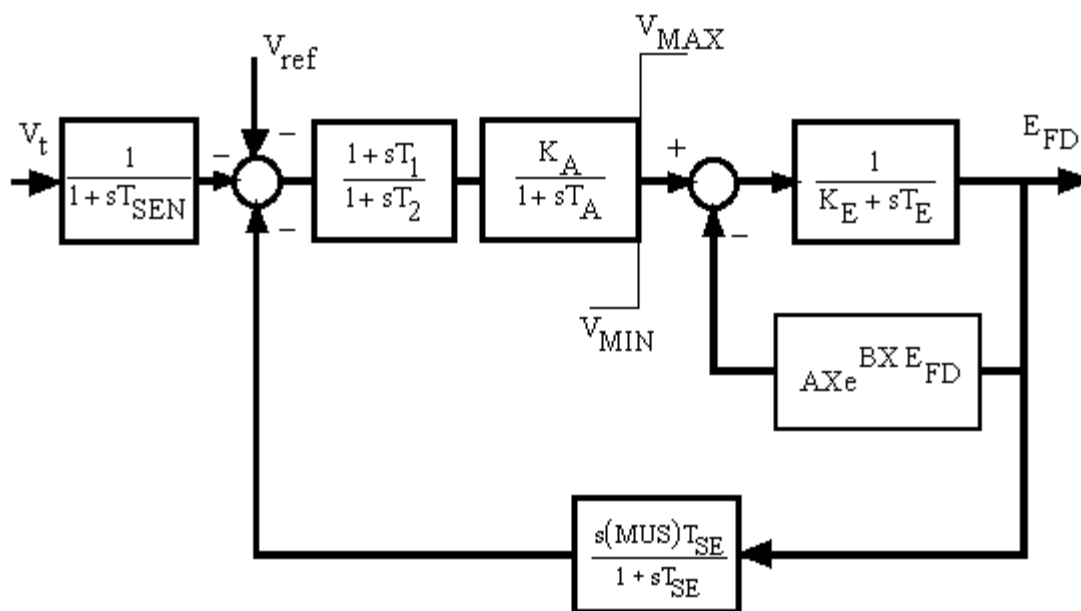
B = dimensão NQS x 1

C = dimensão 1 x NQS

Apêndice

I. Diagrama de Blocos para Sistemas de Excitação do Tipo 3 ou 4

SISTEMA DE EXCITAÇÃO E SINAL ESTABILIZADOR PARA *KEYS* = 3 OU 4

II. Diagrama de Blocos para Sistemas de Excitação do Tipo 1, 2, 5, 6 ou 8

SISTEMA DE EXCITAÇÃO PARA

***KEYS* = 1, 3, 5, 6, OU 8.**

III. Diagrama de Blocos para Regulador de Velocidade

REGULADOR DE VELOCIDADE.